

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра “Машинобудування, мехатроніки і робототехніки”

«Допущено до захисту»  
Завідувач кафедри  
машинобудування, мехатроніки і  
робототехніки  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
на тему:

**Конструкторсько-технологічне забезпечення  
виготовлення деталі «Відбивач»**

Виконав здобувач вищої освіти  
4 курсу групи ПМ-23мб-2  
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг  
технологій, робототехніка і 3D друк»  
спеціальності 131 «Прикладна  
механіка»

\_\_\_\_\_ Ігор БЕРЕЖНИЙ

Керівник роботи:  
канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Володимир МІРЗАК

Рецензент:  
канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_

Кропивницький 2026

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки  
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
Галузь знань: 13 Механічна інженерія  
Спеціальність: 131 Прикладна механіка  
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,  
робототехніка і 3D друк.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри машинобудування,  
мехатроніки і робототехніки  
канд. техн. наук, доцент

Андрій ГРЕЧКА

13 квітня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**  
**Бережному Ігору Сергійовичу**

**Тема роботи:**

Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Відбивач».

**Керівник роботи:**

канд. техн. наук, доцент Володимир МІРЗАК

Затверджено наказом ЦНТУ від 01 квітня 2026 року № 199-02.

**Строк подання роботи до захисту:**

20 червня 2026 р.

**Мета та завдання кваліфікаційної роботи:**

Мета: розроблення конструкторсько-технологічного забезпечення виготовлення деталі «Відбивач» для умов серійного виробництва

Завдання: Проаналізувати конструкцію деталі «Відбивач», її геометричні параметри, матеріал, технічні вимоги та умови серійного виробництва; виконати необхідні технологічні розрахунки (розміри заготовки, розкрій металопрокату, норми витрату матеріалу параметри отвору під відборткування, зусилля пробивання, вирубування та відборткування, вибрати пресове обладнання), розробити карту технологічного процесу; спроектувати оснащення для листового штампування деталі «Відбивач»; розробити рекомендації для виробництва Тип виробництва –серійний.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи                    | Строк виконання роботи | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------|------------------------|----------|
| 1     | Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи | 20.04.2026 р.          |          |
| 2     | Виконання загальної частини                                      | 27.04.2026 р.          |          |
| 3     | Виконання технологічної частини                                  | 04.05.2026 р.          |          |
| 4     | Виконання конструкторської частини                               | 16.05.2026 р.          |          |
| 5     | Розробка креслеників                                             | 30.05.2026 р.          |          |
| 6     | Усунення недоліків після перевірки керівником роботи             | 10.06.2026 р.          |          |
| 7     | Перевірка роботи на академічний плагіат                          | 12.06.2026 р.          |          |
| 8     | Рецензування роботи                                              | 16.06.2026 р.          |          |
| 9     | Захист кваліфікаційної роботи                                    | 20.06.2026 р.          |          |

Дата видачі завдання  
13 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Ігор Бережний

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Володимир МІРЗАК

## АНОТАЦІЯ

Бережний І. С. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Відбивач» : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. Я. Мірзак; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 34 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розроблення конструкторсько-технологічного забезпечення виготовлення деталі «Відбивач» для умов серійного виробництва.

Актуальність роботи полягає в розробленні більш раціонального технологічного процесу, зменшенні кількості технологічних операцій, скороченні трудомісткості, підвищенні якості виробу та ефективнішому використанні наявного штампувального обладнання. Запропоноване рішення відповідає умовам серійного виробництва і є технічно доцільним з погляду конструкції деталі, властивостей матеріалу та можливостей холодного листового штампування.

В роботі проаналізовано конструкцію деталі «Відбивач», її геометричні параметри, матеріал, технічні вимоги та умови серійного виробництва; виконані необхідні технологічні розрахунки (розміри заготовки, розкрій металопродукату, норми витрати матеріалу параметри отвору під відборткування, зусилля пробивання, вирубкування та відборткування, вибрано пресове обладнання), розроблено карту технологічного процесу; спроектовано штамп простої дії; розроблено рекомендації для виробництва.

**Ключові слова:** технологічний процес, листове штампування, розкрій матеріалу, технологічні зусилля, штамп простої дії

## ANNOTATION

Ihor BEREZHNYI. Design and technological support for the production of the "Reflector" part. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Volodymyr MIRZAK : Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2026. 34 p.

Drawings – summary 3 sheets A1 format.

The purpose of the work is to develop a design and technological support for the manufacture of the "Reflector" part for serial production conditions.

The relevance of the work lies in developing a more rational technological process, reducing the number of technological operations, reducing labor intensity, improving product quality and more efficient use of existing stamping equipment. The proposed solution meets the conditions of serial production and is technically feasible in terms of part design, material properties and cold sheet stamping capabilities.

The work analyzes the design of the "Reflector" part, its geometric parameters, material, technical requirements and conditions of serial production; the necessary technological calculations are performed (size of the workpiece, cutting of metal rolling, material consumption rates, parameters of the hole for flanging, punching, cutting and flanging efforts, press equipment is selected), a technological process map is developed; a simple action stamp is designed; recommendations for production are developed.

**Keywords:** technological process, sheet stamping, material cutting, technological efforts, simple action stamp

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Конструкторсько-технологічне забезпечення  
виготовлення деталі «Відбивач»  
КРБ.ПМ.26.63.22.00.00**

Виконав здобувач вищої освіти  
4 курсу групи ПМ-23мб-2  
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,  
робототехніка і 3D друк»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
\_\_\_\_\_ Ігор БЕРЕЖНИЙ

Керівник роботи:  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Володимир МІРЗАК

Кропивницький 2026

## ЗМІСТ

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                          | 7  |
| Розділ 1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ                                                             |    |
| 1. ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ “ВІДБИВАЧ” .....                                                              | 9  |
| 1.1 Опис і технічна характеристика деталі .....                                                      | 9  |
| 1.2 Вибір і обґрунтування оптимального варіанта маршрутної технології.....                           | 10 |
| 1.3 Розрахунок геометричних параметрів заготовки .....                                               | 12 |
| 1.4 Розкрій металопрокату .....                                                                      | 13 |
| 1.5 Розрахунок технологічних зусиль за операціями та вибір обладнання.....                           | 15 |
| 1.6 Технічне нормування.....                                                                         | 19 |
| 1.7 Технічний контроль якості продукції.....                                                         | 21 |
| 1.8 Техніка безпеки при штампуванні.....                                                             | 22 |
| 1.9 Розробка карти технологічного процесу листового штампування.....                                 | 23 |
| Розділ 2 Проектування штампу .....                                                                   | 25 |
| 2.1 Призначення, будова та робота штампу.....                                                        | 25 |
| 2.2 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампа.....                                       | 26 |
| 2.3 Розрахунок зусилля пружини притискувача .....                                                    | 27 |
| Загальні висновки .....                                                                              | 30 |
| Перелік джерел посилання .....                                                                       | 31 |
| ДОДАТКИ .....                                                                                        | 33 |
| Додаток А Специфікація до складального кресленника штампу простої дії. ....                          | 33 |
| Додаток Б. Рекомендації щодо впровадження запропонованого технологічного процесу у виробництво ..... | 34 |

## ВСТУП

### Актуальність роботи

У сучасному серійному виробництві листових деталей одним із важливих напрямів удосконалення технологічних процесів є зменшення кількості операцій, скорочення трудомісткості виготовлення, раціональне використання матеріалу та підвищення стабільності якості готових виробів. Особливо актуальним це є для деталей простої осесиметричної форми, які виготовляються у значних кількостях і входять до складу машин, механізмів або вузлів, де потрібне забезпечення повторюваності геометричних параметрів, мінімальної собівартості та достатньої експлуатаційної надійності.

Деталь «Відбивач» є листовою деталлю типу круглого фланця з центральним бортом. Вона виготовляється зі сталі Ст2пс товщиною 1,5 мм і має зовнішній діаметр 65 мм, центральний отвір після формоутворення діаметром 40 мм та відбортовану частину висотою 5 мм. Невелика висота борту та відносно проста геометрична форма деталі створюють передумови для її виготовлення методами холодного листового штампування без застосування складальних і зварювальних операцій.

У базовому технологічному процесі виготовлення деталі передбачалося отримання круглої плоскої заготовки типу шайби шляхом пробивання центрального отвору та вирубування зовнішнього контуру, після чого з труби зовнішнім діаметром 40 мм і товщиною стінки 1,5 мм відрізався патрубок висотою 5 мм. Надалі цей патрубок приварювався до плоскої заготовки в зоні пробитого отвору.

Запропонований технологічний процес передбачає збереження першої операції пробивання та вирубування, але з її адаптацією до нової конструктивно-технологічної схеми. Замість виготовлення плоскої шайби з отвором під подальше приварювання патрубку пропонується пробивати технологічний отвір діаметром 29 мм і вирубувати круглу заготовку зовнішнім діаметром 65 мм. Надалі на другій операції виконується відбортування центрального отвору з отриманням внутрішнього діаметра 40 мм і висоти борту 5 мм. Таким чином, функціонально необхідний патрубок формується безпосередньо з матеріалу листової заготовки.

Актуальність роботи полягає в розробленні більш раціонального технологічного процесу, який дозволяє замінити зварну конструкцію суцільноштампованою деталлю, зменшити кількість технологічних операцій, скоротити трудомісткість, підвищити якість виробу та ефективніше використати наявне штампувальне обладнання підприємства. Запропоноване рішення відповідає умовам серійного виробництва і є технічно доцільним з погляду

конструкції деталі, властивостей матеріалу та можливостей холодного листового штампування.

### **Мета роботи**

Метою роботи є розроблення конструкторсько-технологічного забезпечення виготовлення деталі «Відбивач» для умов серійного виробництва.

### **Задачі роботи**

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати конструкцію деталі «Відбивач», її геометричні параметри, матеріал, технічні вимоги та умови серійного виробництва.
2. Визначити основні недоліки базового варіанта, пов'язані з підвищеною трудомісткістю, використанням додаткової трубної заготовки, наявністю зварювальної операції та можливими дефектами зварного з'єднання.
3. Розробити раціональний маршрутний технологічний процес виготовлення деталі «Відбивач». Виконати необхідні технологічні розрахунки: розміри заготовки, параметри отвору під відборткування, зусилля пробивання, вирубування та відборткування, а також вибір пресового обладнання.
4. Розробити схему організації робочого місця та виконати технічне нормування. Сформулювати технологічну карту
5. Спроектувати штамп простої дії для операції «відборткування». Розробити робочі кресленики основних деталей штаму.
6. Розробити рекомендації щодо організації виготовлення деталі в умовах серійного виробництва з урахуванням ручної подачі заготовки та механізованого вилучення готової деталі з робочої зони преса.

### **Практична цінність роботи**

Практична цінність роботи полягає в розробленні удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі «Відбивач», який може бути впроваджений у серійному виробництві з використанням наявного на підприємстві штампувального обладнання.

Запропонований варіант дозволяє відмовитися від виготовлення деталі як зварної конструкції, що складається з плоскої шайби та відрізаного трубного патрубку. Замість цього деталь отримується як суцільноштампований виріб, у якому центральний борт формується операцією відборткування. Це забезпечує зменшення кількості технологічних операцій, скорочення допоміжного часу, зниження трудомісткості та підвищення стабільності якості готової продукції.

Результати роботи можуть бути використані під час удосконалення діючого технологічного процесу на підприємстві, модернізації штампового оснащення, вибору пресового обладнання та розроблення технологічної документації для виготовлення деталі «Відбивач» в умовах серійного виробництва.



# 1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ “ВІДБИВАЧ”

## 1.1 Опис і технічна характеристика деталі

У сучасному серійному виробництві листових деталей одним із важливих напрямів удосконалення технологічних процесів є зменшення кількості операцій, скорочення трудомісткості виготовлення, раціональне використання матеріалу та підвищення стабільності якості готових виробів. Особливо актуальним це є для деталей простої осесиметричної форми, які виготовляються у значних кількостях і входять до складу машин, механізмів або вузлів, де потрібне забезпечення повторюваності геометричних параметрів, мінімальної собівартості та достатньої експлуатаційної надійності [1–5].

### 1.1.1 Короткі відомості про матеріал деталі

Відбивач виготовляється із стрічки за умовним позначенням

Стрічка 1.5 × III Б Ст 2пс ДСТУ 2651:2005

Сталь 2 пс відноситься до вуглецевої сталі звичайної якості, полуспокійна, належить до групи Б, яка постачається по хімічному складу. Хімічний склад сталі наведений в таблиці 1, а механічні характеристики в таблиці 2.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі 2пс

| Хімічний склад, % |          |           |      |       |      |      |       |       |
|-------------------|----------|-----------|------|-------|------|------|-------|-------|
| C                 | Mn       | Si        | Cu   | Ni    | Cr   | As   | P     | S     |
| 0,09-0,15         | 0,25-0,5 | 0,05-0,17 | ≤0,3 | ≤ 0,3 | ≤0,3 | ≤0,8 | ≤0,04 | ≤0,05 |

Таблиця 2 – Механічні характеристики матеріалу

| Марка матеріалу | Механічні характеристики |                  |                     |                |
|-----------------|--------------------------|------------------|---------------------|----------------|
|                 | $\sigma_B$ , МПа         | $\sigma_T$ , МПа | $\sigma_{зр}$ , МПа | $\delta_1$ , % |
| Ст 2пс          | 420                      | 210              | 360                 | 33             |

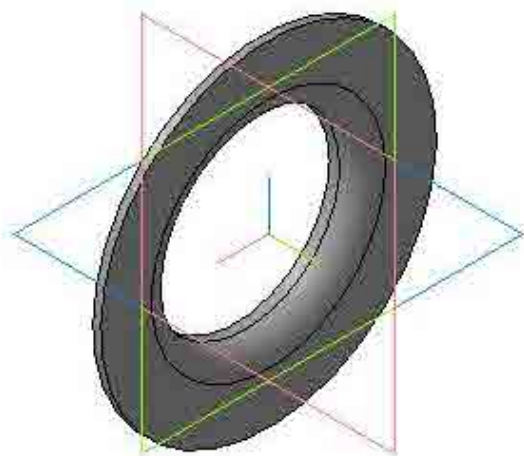
### ***1.1.2 Конструктивно-технологічний аналіз деталі***

По габаритах та площині поверхні деталь відноситься до дрібних. Для її виготовлення в умовах серійного виробництва рекомендується використовувати спеціальні штампи, які встановлюються на універсальні преси. Технологічних обмежень при виготовленні деталі не існує.

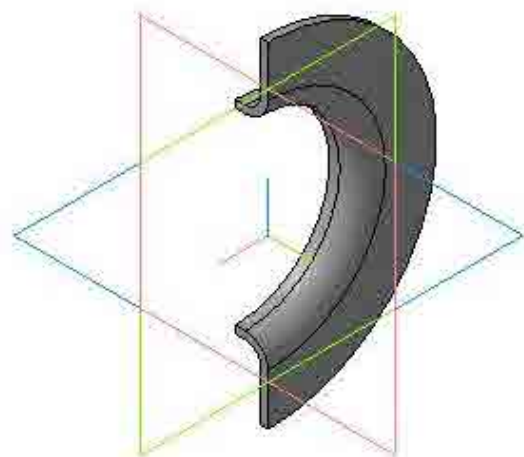
Відхилення розмірів деталі задано по 12-ому квалітету, що не вимагає додаткових заходів по забезпеченню цих вимог. Радіуси спряжень значно більше мінімально допустимих (2 – 3 мм). Модель деталі, яка створена в середовищі SolidWorks, наведена на рис.1.1.

### **1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології**

У базовому технологічному процесі виготовлення деталі передбачалося отримання круглої плоскої заготовки типу шайби шляхом пробивання центрального отвору та вирубкування зовнішнього контуру, після чого з труби зовнішнім діаметром 40 мм і товщиною стінки 1,5 мм відрізався патрубок висотою 5 мм. Надалі цей патрубок приварювався до плоскої заготовки в зоні пробитого отвору. Така технологія є працездатною, однак вона має низку суттєвих недоліків. До них належать підвищена трудомісткість, необхідність використання трубної заготовки, наявність операції відрізання патрубків, потреба у зварюванні, можливість виникнення дефектів зварного шва, додаткові витрати на контроль якості з'єднання, а також імовірність перекосу патрубка відносно площини фланця.



а)



б)

Плотность материала

$\rho_0 = 0.007820 \text{ г/мм}^3$

Расчетные параметры

Масса

$M = 32.526165 \text{ г}$

Площадь

$S = 6012.878772 \text{ мм}^2$

Объем

$V = 4159.356161 \text{ мм}^3$

Центр масс

$X_c = 0.000000 \text{ мм}$

$Y_c = -1.525578 \text{ мм}$

$Z_c = 0.000000 \text{ мм}$

в)

Рисунок 1.1 – Тривимірна твердотільна параметрична модель деталі "Відбивач": а) – аксонометрія; б) – розріз; в) – масоцентровочні характеристики

Запропонований технологічний процес передбачає збереження першої операції пробивання та вирубкування, але з її адаптацією до нової конструктивно-технологічної схеми. Замість виготовлення плоскої шайби з отвором під подальше приварювання патрубку пропонується пробивати технологічний отвір діаметром 29 мм і вирубувати круглу заготовку зовнішнім діаметром 65 мм. Надалі на другій операції виконується відборткування центрального отвору з отриманням внутрішнього діаметра 40 мм і висоти борту 5 мм. Таким чином, функціонально необхідний патрубок формується безпосередньо з матеріалу листової заготовки.

### 1.3 Розрахунок геометричних параметрів заготовки [6-16]

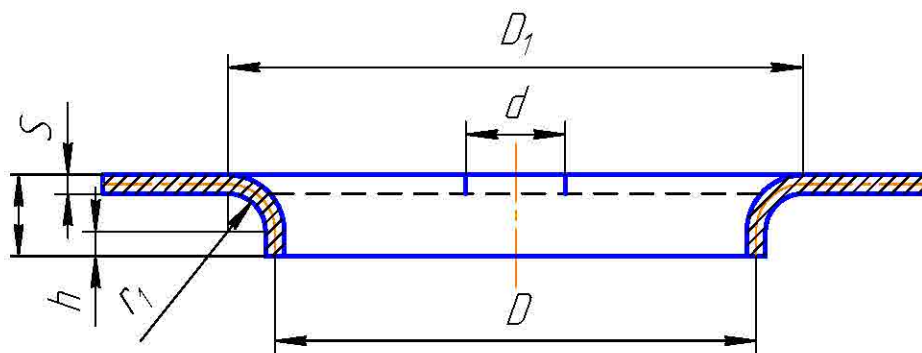


Рисунок 1.2 - Схема до розрахунку геометричних параметрів заготовки.

Діаметр отвору в заготовці визначаємо із виразу:

$$d = \sqrt{D_1^2 - 2\pi \cdot D_1 \left(r_1 + \frac{s}{2}\right) + 8\left(r_1 + \frac{s}{2}\right)^2 - 4(D_1 - 2r_1 - s)h}$$

$$D_1 := 46 \quad r_1 := 3 \quad s := 1.5 \quad h := 2 \quad D := 38.5$$

$$d := \sqrt{D_1^2 - 2 \cdot \pi \cdot D_1 \cdot \left(r_1 + \frac{s}{2}\right) + 8 \cdot \left(r_1 + \frac{s}{2}\right)^2 - 4 \cdot (D_1 - 2 \cdot r_1 - s) \cdot h}$$

$$d = 28.925 \text{ мм}$$

Приймаємо  $d=29$  мм

Коефіцієнт відбортуння ( $K_{в\delta}$ ) визначається:

$$d := 29 \text{ мм}$$

$$K_{в\delta} := \frac{d}{D} \quad K_{в\delta} = 0.753$$

Граничний коефіцієнт відбортуння

$$\eta_{отб} := 0.8 \quad \delta := 33$$

$$K_{в\delta г} := \frac{1 \cdot \eta_{отб}}{1 + \frac{\delta}{100}} \quad K_{в\delta г} = 0.602$$

Оскільки  $K_{в\delta} > K_{в\delta г}$  то відбортуння можна здійснити за одну операцію

#### 1.4 Розкрій металопрокату [8, 9, 12, 13]

Схема розкрою металопрокату наведена на рис.2

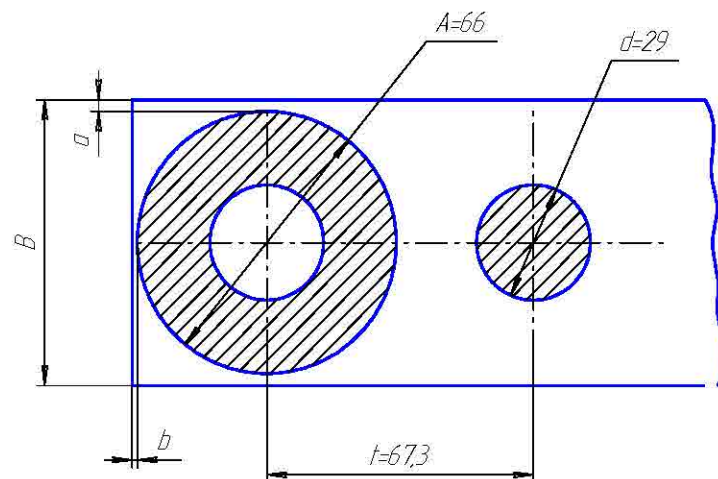


Рисунок 1.3 - Схема розкрою металопрокату

Визначення ширини стрічки

$$B = A + 2a + \Delta ш$$

де

A - розмір деталі, що вирізається, мм;

a - найменша величина бокової перемички, мм;

$\Delta ш$  - односторонній мінусовий допуск на ширину стрічки, мм.

Дано:

$$A := 66 \quad a := 1.7 \quad \Delta_{\text{ш}} := 2$$

$$B := A + 2a + \Delta_{\text{ш}} \quad B = 71.400$$

Приймаємо  $B = 72 \text{ мм}$ .

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{\text{в}} = M_{\text{д}} / H$$

де  $M_{\text{д}}$  - маса готового виробу, кг

$$M_{\text{д}} = F_{\text{д}} \times S \times P$$

де  $F_{\text{д}}$  - площа деталі,  $\text{мм}^2$ ;

$P$  - густина матеріалу,  $\text{г/мм}^3$

$H$  - норма витрати матеріалу на одну деталь, кг

$$H = M / n_{\text{д}}$$

де  $M$  - маса рулона стрічки, г

$n_{\text{д}}$  - кількість деталей отриманих з рулона

Площу деталі визначаємо з допомогою інструментарію графічного редактора "SolidWorks"

Дано:

$$F_{\text{д}} := 2760.67 \text{ мм}^2$$

$$P := 0.0079 \quad \text{- густина матеріалу, г/мм}^3$$

$$S := 1.5 \text{ мм}$$

$$M := 250000 \text{ г}$$

$$n_{\text{д}} := 4.458 \times 10^3 \text{ шт}$$

$$M_{\text{д}} := F_{\text{д}} \cdot S \cdot P \quad M_{\text{д}} = 32.714$$

Схожий результат дає розрахунок засобами SolidWorks по розробленій тривимірній моделі  $M_{\text{д}} = 32,52 \text{ г}$ .

$$H := \frac{M}{n_{\text{д}}} \quad H = 56.079 \text{ г/дет}$$

$$K_{\text{в}} := \frac{M_{\text{д}}}{H} \quad K_{\text{в}} = 0.583$$

## 1.5 Розрахунок технологічних зусиль за операціями та вибір обладнання [9, 9, 17]

### 1.5.1 Зусилля штампування на першій операції (пробивання-вирубання)

$$P_{\Sigma} = P_{\text{проб}} + P_{\text{вир}} + P_{\text{пр}}$$

де

$P_{\text{проб}}$  – зусилля пробивання отвору, кН;

$P_{\text{вир}}$  – зусилля вирубання, кН;

$P_{\text{пр}}$  – зусилля прогтовхування, кН

$$P_{\text{проб}} = 1,3 \times \pi \times d \times S \times \sigma_{\text{зр}}$$

де

$d$  – діаметр отвору, що пробивається, мм

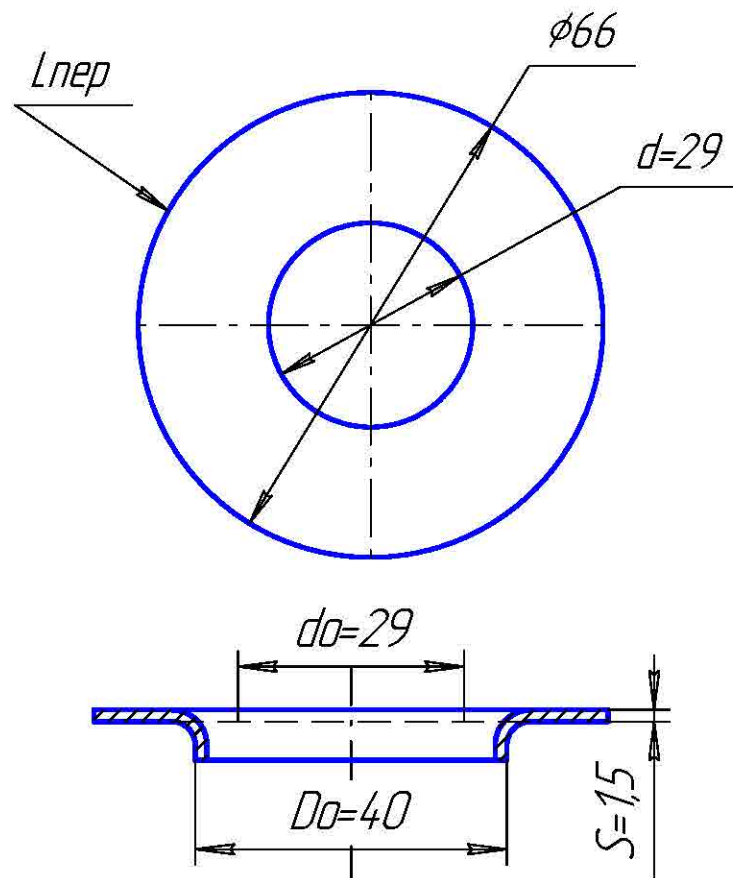


Рисунок 1.4 - Ескізи заготовки та деталі по операціям.



Дано:

$$d := 29 \text{ мм}$$

$$\sigma_{\text{зр}} := 360 \text{ МПа}$$

$$S := 1.5 \text{ мм}$$

$$L_{\text{пер}} := 298.451 \text{ -периметр контуру, що вирубуеться, мм (визначається засобами SolidWorks)}$$

Розрахунок зусилля пробивання

$$R_{\text{проб}} := 1.3 \cdot \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{\text{зр}} \quad R_{\text{проб}} = 6.396 \times 10^4 \text{ Н}$$

Розрахунок зусилля вирубання

$$R_{\text{вир}} := 1.3 \cdot L_{\text{пер}} \cdot S \cdot \sigma_{\text{зр}} \quad R_{\text{вир}} = 2.095 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$R_{\Sigma 1} := R_{\text{проб}} + R_{\text{вир}} \quad R_{\Sigma 1} = 2.735 \times 10^5 \text{ Н}$$

Розрахунок зусилля пропшовхування

$$K_{\text{пр}} := 0.06 \text{ -коефіцієнт зусилля пропшовхування деталі після штампування}$$

$$R_{\text{пр}} := K_{\text{пр}} \cdot R_{\Sigma 1} \quad R_{\text{пр}} = 1.641 \times 10^4 \text{ Н}$$

Розрахунок зусилля зняття

$$K_{\text{зн}} := 0.05$$

$$R_{\text{зн}} := K_{\text{зн}} \cdot R_{\Sigma 1} \quad R_{\text{зн}} = 1.367 \times 10^4 \text{ Н}$$

Повне зусилля

$$R_{\Sigma} := R_{\Sigma 1} + R_{\text{пр}} \quad R_{\Sigma} = 2.899 \times 10^5 \text{ Н}$$

### **1.5.2 Зусилля штампування на операції Відборткування."**

$$\sigma_{\text{в}} := 420 \quad D_o := 40 \text{ мм} \quad d_o := 29 \text{ мм} \quad q_{\text{пр}} := 2.5 \text{ Н/мм}^2$$

$$F_{\text{пр}} := 1759.3 \text{ мм}^2$$

$$R_{\text{відб}} := 1.1 \cdot \pi \cdot S \cdot \sigma_{\text{в}} \cdot (D_o - d_o) \quad R_{\text{відб}} = 2.395 \times 10^4 \text{ Н}$$

Зусилля притискувача при відборткуванні

$$R_{\text{пр}} := 0.6 q_{\text{пр}} \cdot F_{\text{пр}} \quad R_{\text{пр}} = 2.639 \times 10^3 \text{ Н}$$



де

$q_{\text{пр}}$  - питоме зусилля притискувача, Н/мм<sup>2</sup>

$F_{\text{пр}}$  - площа частини заготовки, яка затиснута між матрицею і притискувачем, мм<sup>2</sup>

Повне зусилля

$$P := P_{\text{відб}} + P_{\text{пр}} \quad P = 2.659 \times 10^4 \text{ Н}$$

На основі розрахунку технологічних зусиль штампування та габаритів штампового оснащення, визначених внаслідок проектування та вибраного згідно завдання матеріалу (стрічка), вибираємо для здійснення розробленого техпроцесу (операція вирубання-пробивання) штампувальний комплекс моделі АККД2126Е. ВП39.01 для штампування деталей із стрічки у складі правильно-розмотуючого пристрою ПУ7, валкової подачі ВП39 та механізму різання відходів НП1 на базі однокривошипного двостоякового відкритого пресу з наступними технічними характеристиками.

1. Розміри стрічки, що подається, мм:

|         |           |
|---------|-----------|
| ширина  | до 140    |
| товщина | 0,5...1,8 |

2. Крок подачі, мм

40...160

3. Точність подачі по кроку, мм

± 0.4

4. Номінальне зусилля преса, кН

400

5. Частота ходів повзуна, хвил<sup>-1</sup>

140

6. Найбільший зовнішній діаметр рулона, мм

1000

7. Сумарна потужність електродвигунів, кВт

6.19

8. Габаритні розміри, мм

(довжина × ширина × висота)

6600 × 1700 × 2890

9. Маса, т

5.220

Технічна характеристика базового пресу КД2126Е

1. Номінальне зусилля, кН

400

2. Число ходів, хвил<sup>-1</sup>

140

3. Хід повзуна, мм

10-80

3. Закрита висота пресу, мм

280

4. Товщина підштампової плити, мм

65

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 5. Розміри підштампової плити, мм             |     |
| довжина                                       | 600 |
| ширина                                        | 400 |
| 6. Діаметр отвору в повзуні під хвостовик, мм | 50  |

Для операції "відбортровка" вибираємо обладнання враховуючи як технологічне зусилля на операцію так і закриту висоту штампту. По цих параметрах підходить відкритий однокривошипний прес простої дії номінальним зусиллям 0,4 МН моделі КД2126.

Технічна характеристика базового пресу КД2126Е

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 1. Номінальне зусилля, кН                     | 400 |
| 2. Число ходів, хвил-1                        | 100 |
| 3. Хід повзуна, мм                            |     |
| 10-80                                         |     |
| 3. Закрита висота пресу, мм                   | 280 |
| 4. Товщина підштампової плити, мм             | 65  |
| 5. Розміри підштампової плити, мм             |     |
| довжина                                       | 600 |
| ширина                                        | 400 |
| 6. Діаметр отвору в повзуні під хвостовик, мм | 50  |

## **2. ПРОЄКТУВАННЯ ШТАМПУ**

### **2.1 Призначення, будова та робота штампу [8, 9, 14]**

Штамп простої дії призначений для відборткування по внутрішньому контуру з метою отримання деталі “Відбивач”.

Штамп (Рис. 2.1) складається із буфера 1, нижньої плити 3, напрямної втулки 4, напрямної колонки 5, хвостовика 6, штовхача 7, виштовхувача 8, верхньої плити 9, матриці 10, притискувача 11, пуансонотримача 12, пуансона 13, гвинта спеціального 14.

Штамп працює наступним чином: заготовка (шайба) укладається на притискувач 11 і фіксується по фіксатору на пуансоні 13. Далі вмикається прес і при робочому ході повзуна відбувається відборткування внутрішнього отвору пуансоном 13 та матрицею 10. При ході повзуна преса вгору деталь знімається з пуансона притискувачем 11, якій спрацьовує від буфера 1 а із порожнини матриці деталь вилучається виштовхувачем 8 який приводиться в дію від коромисла преса. Вилучення деталі з робочої зони штампу здійснюється пінцетом. Направлення верхньої частини штампу відносно нижньої виконується за допомогою напрямних ковзання 4,5. Кріплення верхньої плити штампу здійснюється жорстким хвостовиком 6 а нижньої прихоплювачами.

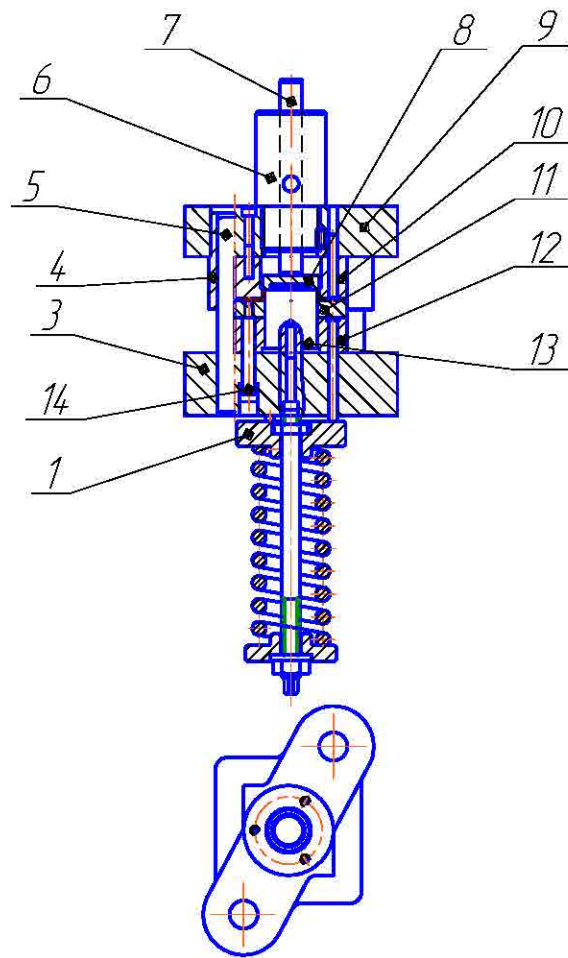


Рисунок 2.1 - Схема штампа для відбортування

## 2.2 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампа

Діаметр пуансону  $d_{\text{п}}$  визначається в залежності від діаметру відбортовки  $D_{\text{вн}}$  з врахуванням деякого пружинення матеріалу, що штампується і припуску на зношування пуансону:

$$d_{\text{п}} = 1,01(D_{\text{вн}} + \Delta)_{-0,2\Delta}$$

де

$D_{\text{вн}}$  - номінальне значення діаметра отвору, що відбортовується, мм

$\Delta$  - заданий допуск на діаметр відбортованого отвору, мм

$$D_{\text{вн}} := 37 \text{ мм} \quad \Delta := 0.250 \text{ мм}$$

$$d_{\text{п}} := 1.01 \cdot (D_{\text{вн}} + \Delta)_{-0,2\Delta} \text{ мм} \quad d_{\text{п}} = 37.623_{-0,05} \text{ мм}$$

Матрицю виготовляють по пуансону з зазором  $Z_{\text{відб}}$  [2].  
Виконавчий діаметр матриці з врахуванням зазора  $Z_{\text{відб}}$

$$d_M = [1.01(D_{\text{вн}} + \Delta) + 1.9Z_{\text{відб}}]^{+0.1Z_{\text{відб}}}$$

$$Z_{\text{відб}} := 1.3 \text{ мм}$$

$$d_M := [1.01(D_{\text{вн}} + \Delta) + 1.9Z_{\text{відб}}]^{+0.1Z_{\text{відб}}} \quad d_M = 40.093^{+0.13} \text{ мм}$$

### 2.3 Розрахунок зусилля пружини притискувача [8, 9, 14]

На початку операції вони повинні забезпечити зусилля притискувача  $P_{\text{прт}} = P_{\text{пруж}} = 2600 \text{ Н}$

Вибір пружин для забезпечення вказаного зусилля виконується в наступній послідовності:

- по ГОСТ 13772-68 підбирається пружина-аналог, яка забезпечує частину потрібних параметрів, а саме; зовнішній діаметр пружини  $D_{\text{пруж}} = 55 \text{ мм}$ , внутрішній діаметр  $d = 34 \text{ мм}$  (вибирається конструктивно)

робочий хід пружини  $h = 10 \text{ мм}$ , силу пружини  $P_3$  при максимальній деформації.

$P_3 = P_2 / (1 - \delta)$ , де  $P_2 = 2600 \text{ Н}$  - робоче зусилля пружини (приймаємо орієнтовно);  $\delta = 0,05 \dots 0,25$  - відносний інерційний зазор.

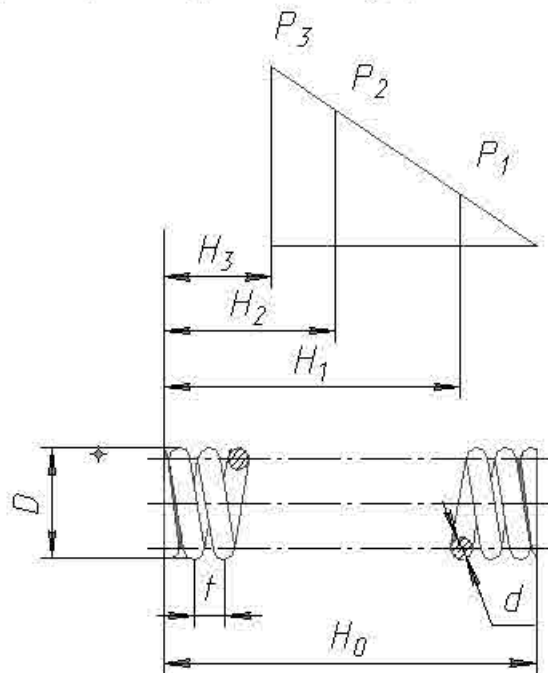


Рисунок 2.2 - До розрахунку пружини стиснення

$$P2 := 2600$$

$$\delta_{\min} := 0.05$$

$$\delta_{\max} := 0.25$$

$$P3_{\min} := \frac{P2}{(1 - \delta_{\min})} \quad P3_{\max} := \frac{P2}{(1 - \delta_{\max})}$$

$$P3_{\min} = 2.737 \times 10^3$$

$$P3_{\max} = 3.467 \times 10^3$$

По значенню  $P_3$ , яке знаходиться в діапазоні 2737...3467 Н вибираємо по [3] пружину другого класу розряду 3, №164 з наступними параметрами:

$P3 := 3150$  - сила пружини при максимальній деформації, Н;

$$\delta := 0.1$$

$P1 := 1500$  - сила пружини при попередньому стисненні

$h := 10$  - хід пружини, мм;

$d := 8$  - діаметр дроту, мм;

$D := 55$  - зовнішній діаметр пружини, мм;

$Zi := 820$  - жорсткість одного витка, Н/мм;

$f3 := 3.08$  - найбільший прогин одного витка, мм.

$$P2 := P3 \cdot (1 - \delta) \quad P2 = 2.835 \times 10^3$$

Жорсткість пружини

$$z := \frac{(P2 - P1)}{h} \quad z = 133.500$$

Число робочих витків пружини

$$n := \frac{Zi}{z} \quad n = 6.142$$

Приймаємо  $n' := 12$

Уточнена жорсткість

$$z' := \frac{Zi}{n} \quad z' = 133.500$$

При півтора неробочих витків повне число витків

$$n_1 := n' + 1.5$$

$$n_1 = 13.500$$

Деформації, висоти і крок пружини

$$F_1 := \frac{P_1}{Z}$$

$$F_1 = 11.236 \text{ мм}$$

$$F_2 := \frac{P_2}{Z}$$

$$F_2 = 21.236 \text{ мм}$$

$$F_3 := \frac{P_3}{Z}$$

$$F_3 = 23.596 \text{ мм}$$

$$H_3 := (n_1 + 1 - 1.5)d$$

$$H_3 = 104.000 \text{ мм}$$

$$H_0 := H_3 + F_3$$

$$H_0 = 127.596 \text{ мм}$$

$$H_1 := H_0 - F_1$$

$$H_1 = 116.360 \text{ мм}$$

$$H_2 := H_0 - F_2$$

$$H_2 = 106.360 \text{ мм}$$

$$t := f_3 + d$$

$$t = 11.080 \text{ мм}$$

## 1.6 Технічне нормування

### 1.6.1 Розрахунок норми штучного часу на штамповку деталей

#### з заготовки

Початкові данні:

Штампувати заготовку

Розмір заготовки – 1,5×66 мм.

Площа заготовки – 0,0028 м<sup>2</sup>

Подача заготовки в штамп – ручна

Прес зусиллям –400 кН.

Число подвійних ходів в хвилину – 100

Штамп простої дії.

Тип муфти включення – фрикційний, пневматичний

Положення робочого – стоячи.

Таблиця 1.3 – Нормування операції “відборткування”

| № карти  | № позиції | Найменування переходу                                      | Основний час $T_o$ , хв | Допоміжний час $T_d$ , хв |                 |
|----------|-----------|------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|
|          |           |                                                            |                         | Перекриваємий             | Неперекриваємий |
| 40       | 1         | Взяти заготовку і встановити в штамп по фіксатору (вільно) | -                       | -                         | 0.028           |
| 1        | 2         | Включити прес                                              |                         | -                         | 0,015           |
| 2        | 29        | Штампувати                                                 | 0,01                    |                           |                 |
| 44       | 3ш        | Зняти деталь і скинути в тару (вільно)                     |                         | 0,019                     |                 |
| $\Sigma$ |           |                                                            | 0,01                    | 0,019                     | 0.043           |

Штучний час:

$$T_{шт} = (T_o + T_d) \times K;$$

де



$T_o$  – основний час, хвил;

$T_d$  – допоміжний час, хвил;

$K$  – коефіцієнт, що враховує витрати часу на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок і особисті справи.

$$T_{ш} = (0.01 + 0.043) \times 1.14 = 0.06 \text{ хв.}$$

Норма виробітку:

$$H_{\%} = \frac{480}{0.06} = 8000 \text{ шт.}$$

Схема організації робочого місця зображена на рис. 1.5

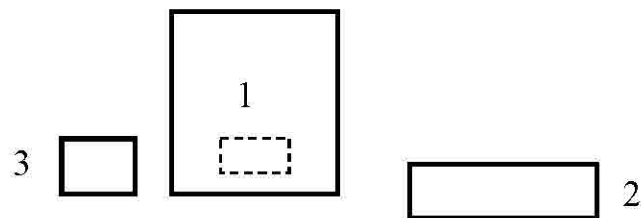


Рисунок 1.5 – Схема організації робочого місця: 1 – прес;  
2 – стіл для заготовок; 3 – тара для готових деталей

## 1.7 Технічний контроль якості продукції

Враховуючи форму і застосування деталі “Відбивач”, на яку розроблений технологічний процес в даному проекті, робимо висновок, що при виготовленні останньої можливе виявлення наступних видів браку:

- наявність тріщин на торцевої частині відбортovanого отвору;
- зміщення осі отвору відносно осі деталі;
- наявність задирок на поверхні металу;
- наявність задирки на операції вирубаня-пробивання;
- недотримання радіуса закруглення між фланцем і буртом.

Для запобігання цих видів браку при розробці технологічного процесу треба вжити наступні заходи:

- більш якісне виготовлення оснащення (дотримання оптимального зазору між пуансоном і матрицею, дотримання заданої якості поверхні робочих деталей) ;
- використання обладнання, яке відповідає нормам точності по ГОСТ;
- контролювати величину задирки по контуру отвору, що пробивається з метою запобігання тріщиноутворенню при відбортуванні.
- проводити вхідний контроль якості матеріалу заготовки;
- проводити поопераційний контроль розмірів заготовок і деталей;
- правильно налагоджувати прес і оснащення перед виконанням технологічної операції.

Однак окрім вищезгаданих заходів підвищення якості продукції, необхідно використовувати систему організацій технологічного контролю, яка включає безпосередньо перевірку виготовлених деталей і заготовок виробником. Це дозволяє на всіх етапах виробництва контролювати якість продукції.

## **1.8 Техніка безпеки при штампуванні**

### **1.8.1 Вимоги до обладнання**

Ковальсько-штампувальне обладнання повинно відповідати вимогам ДСТУ:

1. Конструкція і розташування механізмів і вузлів преса повинні забезпечувати зручність їх обслуговування, а також вільний доступ до штампа, запобіжним пристроям та пристроям, що регулюються.

2. На пресі повинні бути: таблички із короткою технічною характеристикою і показанням періодичності і місць змащення; показники границь регулювання шатуна, напрямків обертання маховика або фрикційних дисків, положень кривошипного валу; світлові сигнали, що вказують на який із режимів роботи преса переключена схема керування.

3. Конструктивне виконання механізмів вмикання і гальмівної системи повинно забезпечувати надійність їх дії, зручність регулювання і заміни зношених деталей.

4. На пресах зусиллям більше 160 кН повинні встановлюватися муфти вмикання фрикційного типу.

5. Для автоматичного вимикання преса при падінні тиску в магістралі стисненого повітря повинно встановлюватися відповідне реле тиску.

6. Вузол регулювання закритої висоти преса не повинен допускати самовільної зміни відстані між столом і повзуном.

7. Кожен прес, що встановлюється на автоматичних лініях, крім центрального пульта керування, повинен мати індивідуальний пульт.

8. Кнопки керування пресом (ходом повзуна) повинні бути розташовані на висоті 700-1200 мм від рівня підлоги. Кнопки "Пуск" дворукого вмикання повинні знаходитися одна від одної на відстані не менше 300 мм і не більше 600 мм.

9. Відкриті одностоякові преси повинні бути обладнані міцними огороженнями кривошипно-шатунного механізму і кривошипного валу, що не допускають падіння їх частин при випадкових поломках.

10. Механізми автоматичних подач і інші засоби механізації на пресах, якщо їх дія може представляти небезпеку для працюючих, повинні бути закриті відповідними огороженнями.

11. Кожен прес при роботі в режимі поодиноких ходів повинен бути обладнаний захисним пристроєм, що виключає травмування рук в небезпечній зоні (дворуке вмикання, фотоелементний захист, рухоме огороження та ін.).

12. Зона штампувального комплексу огорожується по всьому периметру спеціальним огороженням.

### ***1.8.2 Вимоги до оснащення***

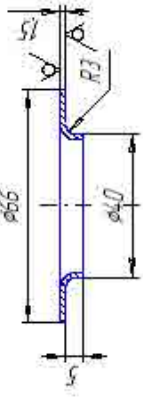
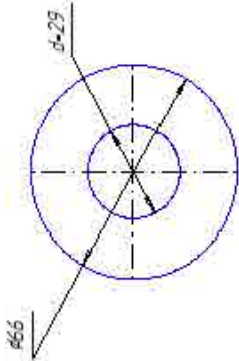
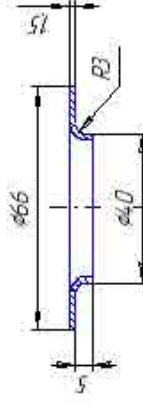
На операції “вирубання-пробивання” безпечна експлуатація штампа забезпечується автоматизацією подачі стрічки в робочу зону, та механізацією вилучення деталі та відходів. Робоча зона штампу огорожується огорожувальним пристроєм, вбудованим в конструкцію пресу.

На операції “відборткування” установка заготовки виконується пінцетом і при робочому ході преса застосовується руковідкидувач.

Фронтальні поверхні плит штампового блоку фарбуються в жовтий колір.

## **1.9 Розробка карти технологічного процесу листового штампування**

Результати розробки технологічного процесу штампування фіксуємо в технологічній карті, яка містить основні відомості по розробленому технологічному процесу. Карта наведена нижче.

| КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА (Листове шліфування)                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                   |                   |                             |                                     |                        |                                              |                                               |                     |                                               | Карта №                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <div>Ескиз деталі</div>                      | <div>Міністерство освіти і науки України</div> <div>Центральнокраїнський національний технічний університет</div> <div>Кафедра «Машинобудування, мехатроніка і робототехніка»</div> <div>Матеріал: Державна ліста</div> <div>Сталь 20С</div> <div>Ширина стрічки: 72</div> <div>Товщина стрічки: 1,5</div> <div>Маса: 0,0327</div> <div>Товщина ліста: 0,0327</div> <div>Норма витрати мат. на 1 дет.: 0,0560</div> <div>Кількість карток із ліста: 0,0560</div> <div>Кількість деталей із ліста: 4458</div> <div>Кількість деталей із ліста: 4458</div> <div>Коефіцієнт використання матеріалу: 58,3</div> | Деталь                             | КРБ.ПМ.26.63.22.00.00. "Відбивач" |                   | Креслення                   | Кількість шпук на <del>вироб.</del> | 4                      | Партія шпук                                  | 25000                                         | Укладач             | Кількість карт 1                              | 1                                             |
|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                   |                   |                             |                                     |                        |                                              |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                   |                   |                             |                                     |                        |                                              |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                   |                   |                             |                                     |                        |                                              |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                   |                   |                             |                                     |                        |                                              |                                               |                     |                                               |                                               |
| <div>Схема розкрою, операційні ескизи</div>  | № № операцій                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Найменування операцій та переходів |                                   | Обладнання        | Штангенциркуль ШП-1         | Інструмент                          | Норма часу на операцію | Спеціальність, розряд                        | Штангу-вальник III розряд Контролер IV розряд | Галузевий вальник   | Контролер IV розряд                           | Штангу-вальник III розряд Контролер IV розряд |
|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                   |                   |                             |                                     |                        |                                              |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                   |                   |                             |                                     |                        |                                              |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                   |                   |                             |                                     |                        |                                              |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                   |                   |                             |                                     |                        |                                              |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                            | 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Виробання-пробивання               |                                   | АКД2126Е          | Штангенциркуль ШП-1         | Штанг сумішньої ді                  | 0,012                  | Штанг-вальник III розряд Контролер IV розряд | Галузевий вальник                             | Контролер IV розряд | Штангу-вальник III розряд Контролер IV розряд | 1                                             |
|                                                                                                                                 | 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Очищення                           |                                   | Галузевий барабан | Штангенциркуль ШП-1, шаблон | Штанг простої ді                    | 0,00017                | Галузевий вальник                            |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                                                                                                                 | 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Контроль                           |                                   | Прес КД2126       | Штангенциркуль ШП-1, шаблон | Штанг простої ді                    | 0,138                  | Контролер IV розряд                          |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                                                                                                                 | 40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Відборування                       |                                   |                   |                             |                                     | 0,059                  | Штангу-вальник III розряд                    |                                               |                     |                                               |                                               |
|                                                                                                                                 | 50                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Контроль                           |                                   |                   |                             |                                     |                        | Контролер IV розряд                          |                                               |                     |                                               |                                               |

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У сучасному серійному виробництві листових деталей одним із важливих напрямів удосконалення технологічних процесів є зменшення кількості операцій, скорочення трудомісткості виготовлення, раціональне використання матеріалу та підвищення стабільності якості готових виробів. Особливо актуальним це є для деталей простої осесиметричної форми, які виготовляються у значних кількостях і входять до складу машин, механізмів або вузлів, де потрібне забезпечення повторюваності геометричних параметрів, мінімальної собівартості та достатньої експлуатаційної надійності.

Актуальність роботи полягає в розробленні більш раціонального технологічного процесу, який дозволяє замінити зварну конструкцію суцільноштампованою деталлю, зменшити кількість технологічних операцій, скоротити трудомісткість, підвищити якість виробу та ефективніше використати наявне штампувальне обладнання підприємства. Запропоноване рішення відповідає умовам серійного виробництва і є технічно доцільним з погляду конструкції деталі, властивостей матеріалу та можливостей холодного листового штампування.

1. Проаналізовано конструкцію деталі «Відбивач», її геометричні параметри, матеріал, технічні вимоги та умови серійного виробництва.

2. Визначено основні недоліки базового варіанта, пов'язані з підвищеною трудомісткістю, використанням додаткової трубної заготовки, наявністю зварювальної операції та можливими дефектами зварного з'єднання.

3. Розроблено раціональний маршрутний технологічний процес виготовлення деталі «Відбивач». Виконано необхідні технологічні розрахунки: встановлено розміри заготовки, визначені параметри отвору під відборткування, розраховані зусилля пробивання, вирубування та відборткування, а також вибрано пресового обладнання.

4. Розроблено схему організації робочого місця та виконано технічне нормування. Сформована технологічна карта.

5. Спроектовано штамп простої дії для операції «відборткування». Розроблено робочі кресленики основних деталей штампу.

6. Розроблено рекомендації щодо організації виготовлення деталі в умовах серійного виробництва з урахуванням ручної подачі заготовки.

## Перелік джерел посилання

1. Essential Guide to Sheet Metal Stamping Process Design. Artizono : website. Last updated: 28 June 2024. URL: <https://artizono.com/sheet-metal-stamping-process-design/> Дата звернення: 02.06.2026.
2. Increasing formability in hole-flanging through the use of punch rotation based on temperature and strain rate dependent forming limit curves / L. I. Besong та ін. International Journal of Material Forming. 2022. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12289-022-01684-6> Дата звернення: 02.06.2026.
3. Stachowicz F. Determination of the Hole-flangeability for Thin Sheets. Acta Mechanica Slovaca. 2018. Vol. 22, № 4. P. 44–48. DOI: 10.21496/ams.2018.033. URL: [https://www.actamechanica.sk/pdfs/ams/2018/04/06.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.actamechanica.sk/pdfs/ams/2018/04/06.pdf?utm_source=chatgpt.com) Дата звернення: 03.06.2026.
4. Manufacturing Processes: Sheet Metal Working. Kaizen : educational PDF. URL: [https://www.kaizen-ju.com/storage/images/files/file\\_1726515788QdbGM.pdf](https://www.kaizen-ju.com/storage/images/files/file_1726515788QdbGM.pdf) Дата звернення: 05.06.2026.
5. What Is Progressive Die Stamping? Process, Design & Benefits. HLC Metal Parts : website. 22 May 2026. URL: <https://www.hlc-metalparts.com/news/progressive-die-stamping-74657184.html> Дата звернення: 05.06.2026.
6. Сяєв А. В. Вступ до системи MathCAD: навч. посіб. – Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2004. – 108 с. ISBN 966-551-134-3 ь
7. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Проектування та розрахунок штампового оснащення для холодного штампування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, спеціалізації «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання Частина II /Укл. В.І. Дубина, В.В. Широкобоков. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка», 2020. – 24 с.
8. Боков В.М. Конструювання та виготовлення штамів. Штамп як об’єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ “Імекс ЛТД”, 2005. – 236 с.
9. Боков В.М., Мірзак В.Я. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування. Навчальний посібник. – Кіровоград. Поліграфічно-видавничий центр ТОВ "Імекс-ЛТД".2010. – 250 с.
10. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Конструювання та виготовлення штамів». Частина 1 «Холодне штампування» для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка, спеціалізації «Обладнання та технології



пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання.  
/Укл.: Матюхін А.Ю. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 58 с.

11. Методичні вказівки до практичних занять студентів кредитного модуля «Технологія холодного штампування та конструювання штампів 2» підготовки бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка спеціалізацій Системи комп'ютерних технологій машинобудування пластичним формоутворенням, Технології композиційних та наноструктурних конструкцій, Технології озброєння та засобів безпеки / Уклад.: Орлюк М.В., Вишневський П.С. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 43 с.

12. Чухліб В. Л., Юрченко О. А., Ашкелянecь А. В. Технологія процесів листового штампування : індивідуальні завдання : навч.-метод. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2021. 76 с. URL: [https://web.kpi.kharkov.ua/kmit/wp-content/uploads/sites/220/2024/03/06.Individualne-zavdannya\\_Tehnologiya-protseviv-listovogo-shtampuvannya\\_3.pdf](https://web.kpi.kharkov.ua/kmit/wp-content/uploads/sites/220/2024/03/06.Individualne-zavdannya_Tehnologiya-protseviv-listovogo-shtampuvannya_3.pdf) (дата звернення: 05.06.2026).

13. Убизький М. М., Кулик О. В., Фесенко А. Г., Шевчук Д. І. Холодне листове штампування : навч. посіб. Дніпро : РВВ ДНУ, 2008. 124 с. URL: <https://files.fti.dp.ua/wp-content/uploads/tainacan-items/1746/4736/kholodne-lystove-shtampuvannia.pdf> (дата звернення: 05.06.2026).

14. Орлюк М. В., Вишневський П. С. Технологія холодного штампування та конструювання штампів. Курсова робота : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 80 с. URL: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48480/1/Shtampuvannia\\_2022\\_2.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48480/1/Shtampuvannia_2022_2.pdf) (дата звернення: 05.06.2026).

15. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навч.-метод. посіб. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с. URL: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/42747/1/Zagotovky\\_u\\_mashynobudivnomu\\_vyrobnutsvi.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/42747/1/Zagotovky_u_mashynobudivnomu_vyrobnutsvi.pdf) (дата звернення: 06.06.2026).

16. Samardzic V. ME-215 Engineering Materials and Processes. Chapter 17: Sheet-Forming Processes : lecture materials. New Jersey Institute of Technology. URL: [https://mie.njit.edu/sites/mie/files/lcms/docs/me215\\_ch17.pdf](https://mie.njit.edu/sites/mie/files/lcms/docs/me215_ch17.pdf) (дата звернення: 05.06.2026).

17. Плєснецов Ю. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси: навч. посіб. / Ю.О. Плєснецов, В.О.Маковей – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – 236 с.

ISBN 978-617-7188-69-7



ДОДАТОК А

**Специфікація до складального кресленика  
штампу простої дії**

| Поз.                                                     | Познака               | Найменування         | Кіл.                       | Посилання                          | Матеріал          |
|----------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------|
|                                                          |                       |                      |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       | <u>Документація</u>  |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       |                      |                            |                                    |                   |
|                                                          | КРБ.ПМ.26.63.22.11.00 | Складальне креслення |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       |                      |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       | Складальні одиниці   |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       |                      |                            |                                    |                   |
| 1                                                        | КРБ.ПМ.26.63.22.21.00 | Буфер                | 1                          |                                    |                   |
|                                                          |                       |                      |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       | Деталі               |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       |                      |                            |                                    |                   |
| 3                                                        | КРБ.ПМ.26.63.22.11.03 | Плита нижня          | 1                          |                                    |                   |
| 4                                                        | КРБ.ПМ.26.63.22.11.04 | Втулка               | 2                          |                                    |                   |
| 5                                                        | КРБ.ПМ.26.63.22.11.05 | Колонка              | 2                          |                                    |                   |
| 6                                                        | КРБ.ПМ.26.63.22.11.06 | Хвостовик            | 1                          |                                    |                   |
| 7                                                        | КРБ.ПМ.26.63.22.11.07 | Штовхач              | 1                          |                                    |                   |
| 8                                                        | КРБ.ПМ.26.63.22.11.08 | Виштовхувач          | 1                          |                                    |                   |
| 9                                                        | КРБ.ПМ.26.63.22.11.09 | Плита верхня         | 1                          |                                    |                   |
| 10                                                       | КРБ.ПМ.26.63.22.11.10 | Матриця              | 1                          |                                    |                   |
| 11                                                       | КРБ.ПМ.26.63.22.11.11 | Притискувач          | 1                          |                                    |                   |
| 12                                                       | КРБ.ПМ.26.63.22.11.12 | Пуансонотримач       | 1                          |                                    |                   |
| 13                                                       | КРБ.ПМ.26.63.22.11.13 | Пуансон              | 1                          |                                    |                   |
| 14                                                       | КРБ.ПМ.26.63.22.11.14 | Гвинт спеціальний    | 1                          |                                    |                   |
|                                                          |                       |                      |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       | Стандартні вироби    |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       |                      |                            |                                    |                   |
| 17                                                       |                       | Гвинти DIN912        |                            |                                    |                   |
|                                                          |                       | M6x45                | 3                          |                                    |                   |
| Відповідальний за розробку                               |                       | Технічне узгодження  | Відповідальний за документ | Документ затверджено               | Масштаб           |
| Кафедра ММР                                              |                       | Володимир МІРЗАК     | Ігор Бережний              | Андрій ГРЕЧКА                      | 1:1               |
| Виконавчий заклад                                        |                       | Специфікація         |                            | Лист 1 з документації на бачальний |                   |
| Центральноукраїнський національний технічний університет |                       | Штамп простої дії    |                            | Позначення                         |                   |
|                                                          |                       |                      |                            | КРБ.ПМ.26.63.22.10.00              |                   |
|                                                          |                       |                      |                            | Масштаб                            | Архив             |
|                                                          |                       |                      |                            | А                                  | 2025-05-06 uk 1/3 |

## ДОДАТОК Б

### **Рекомендації щодо впровадження запропонованого технологічного процесу у виробництво**

Запропонований технологічний процес виготовлення деталі «Відбивач» доцільно впроваджувати у виробництво поетапно, з використанням наявного на підприємстві штампувального обладнання та мінімально необхідною модернізацією діючого штампового оснащення. Основним напрямом удосконалення є заміна базового варіанта виготовлення зварної конструкції на отримання суцільноштампованої деталі методом холодного листового штампування.

У виробничих умовах рекомендується прийняти технологічну схему, яка складається з двох основних операцій. На першій операції зі стрічкового матеріалу виконується пробивання технологічного отвору діаметром 29 мм і вирубування круглої заготовки зовнішнім діаметром 65 мм. На другій операції здійснюється відборткування центрального отвору з отриманням внутрішнього діаметра 40 мм, висоти борту 5 мм і радіуса переходу R3. Така послідовність дозволяє відмовитися від використання трубної заготовки, операції відрізання патрубку та його подальшого приварювання до плоскої заготовки.

Для другої операції рекомендується розробити спеціальний штамп простої дії для відборткування, який встановлюється на універсальному кривошипному пресі. Конструкція штампа повинна забезпечувати точне центрування штучної заготовки, надійну опору її плоскій частини, формування борту без розриву кромки отвору та стабільне знімання готової деталі з пуансона. Центрування заготовки доцільно здійснювати за попередньо пробитим отвором Ø29 мм або за зовнішнім діаметром Ø65 мм. Остаточний вибір способу базування потрібно прийняти з урахуванням конструкції штампа та вимог до співвісності борту відносно зовнішнього контуру.

Подачу штучної заготовки на другій операції можна виконувати вручну, оскільки деталь має невеликі розміри, а тип виробництва є серійним. Водночас вилучення готової деталі з робочої зони штампа і преса доцільно механізувати.

Впровадження запропонованого технологічного процесу дозволить скоротити кількість операцій порівняно з базовим варіантом, усунути використання трубної заготовки, відмовитися від зварювання та контролю зварного з'єднання, зменшити трудомісткість виготовлення і підвищити повторюваність геометричних параметрів деталі. Отримання деталі «Відбивач» як суцільноштампованого виробу є більш раціональним для серійного виробництва та забезпечує кращу технологічність конструкції.